

## © WPI / DERWENT

- AN - 1980-D7015C [25]
- TI - Continuous wave direction and distance measuring navigation system - has measurement station defining direction and transponder on boat with two aerials
- AB - DE2843253 A navigation system for direction and distance measurement has a measurement station and transporter interrogating and responding with modulated HF continuous wave angular and distance signals. The measurement station is the direction determining part of the navigation system as opposed to previous schemes in which the transporter determines the direction.
- The measurement station has two aerials next to each other in the plane of search and constructs a reference line. The angle between the reference line and a line joining transporter to station is measured by measuring wide-band modulated signal phase of differences.
- IW - CONTINUOUS WAVE DIRECTION DISTANCE MEASURE NAVIGATION SYSTEM MEASURE STATION  
DEFINE DIRECTION TRANSPONDER BOAT TWO AERIAL
- PN - DE2843253 A 19800417 DW198017 000pp
- IC - G01S5/12
- OC - W06
- PA - (INTT ) STAND ELEK LORENZ
- IN - LEITL F
- PR - DE19782843253 19781004

51

Int. Cl. 2:

G 01 S 5/12

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 28 43 253 A 1

11

# Offenlegungsschrift 28 43 253

21

Aktenzeichen:

P 28 43 253.3

22

Anmeldetag:

4. 10. 78

43

Offenlegungstag:

17. 4. 80

30

Unionspriorität:

32 33 31

64

Bezeichnung:

Navigationssystem zur Richtungs- und Entfernungsmessung

71

Anmelder:

Standard Elektrik Lorenz AG, 7000 Stuttgart

72

Erfinder:

Leitl, Franz, Dipl.-Ing., 7015 Korntal

DE 28 43 253 A 1

STANDARD ELEKTRIK LORENZ  
AKTIENGESELLSCHAFT  
STUTTGART

F.Leitl-3

### Patentansprüche

1. Navigationssystem zur Richtungs- und Entfernungsmessung mit einer Meßstation und einem Transponder, wobei von der Meßstation modulierte hochfrequente Dauerstrichwinkel- und Entfernungsabfragesignale abgestrahlt werden, die vom Transponder mit modulierten hochfrequenten Dauerstrichwinkel- und Entfernungsantwortsignalen beantwortet werden und bei dem die Entfernung aus der Summe der Laufzeiten des Entfernungsabfragesignals zum Transponder und des Entfernungsantwortsignals zur Meßstation ermittelt wird, bei dem in der Meßstation zur Erzeugung des Entfernungsabfragesignals das hochfrequente Dauerstrichsignal mit einem Abfrageentfernungsmodulationssignal moduliert wird, bei dem im Transponder aus dem Entfernungsabfragesignal das Abfrageentfernungsmodulationssignal abgeleitet wird und zur Erzeugung des Entfernungsantwortsignals das im Transponder erzeugte Dauerstrichsignal mit dem Antwortentfernungsmodulationssignal, das zu dem abgeleiteten Abfrageentfernungsmodulationssignal phasenkohärent ist und eine andere Frequenz hat als dieses, moduliert wird, bei dem dieses Signal von der Transponderantenne abgestrahlt wird, und bei dem im Empfänger der Meßstation das Entfernungsantwortsignal demoduliert und zur Entfernungsmessung verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßstation zwei in Bezug auf die Ausbreitungsrichtung nebeneinander angeordnete Antennen (29, 30) hat und eine Leitlinie festlegt, daß in der

Sm/Sch

18.09.1978

030016/0279

F.Leitl-3

Meßstation der Winkel zwischen dieser Leitlinie und der Verbindungsgeraden zwischen Meßstation und Transponder gemessen wird, daß als Dauerstrichwinkelabfragesignal von der einen Antenne (29) das hochfrequente Dauerstrichsignal ( $f_{TB}$ ) und von der anderen Antenne (30) das mit einem Winkelmodulationssignal ( $f_R$ ), das aus dem Ausgangssignal ( $f_{GB}$ ) eines NF-Oszillators abgeleitet wird, einseitenbandmodulierte Dauerstrichsignal ( $f_{TB}+f_R$ ) abgestrahlt wird, daß im Transponder aus diesen beiden Signalen das richtungsabhängige Winkelmodulationssignal ( $f_R$ ) abgeleitet wird, daß mit diesem richtungsabhängigen Winkelmodulationssignal das im Transponder erzeugte Dauerstrichsignal ( $f_{TU}$ ) zweiseitenbandmoduliert wird, daß dieses modulierte Signal von der Transponderantenne (13) als Winkelantwortsignal abgestrahlt und von den Meßstationantennen (29, 30) empfangen wird und daß durch Phasenvergleich des im Empfänger (25) demodulierten richtungsabhängigen Winkelmodulationssignals und des aus dem Ausgangssignal des NF-Oszillators (29) abgeleiteten Winkelmodulationssignals die zum zu messenden Winkel proportionale Phasendifferenz gemessen wird.

2. Navigationssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem im Empfänger (25) der Meßstation demodulierten Winkelmodulationssignal ( $f_R$ ) das Bezugssignal ( $2f_R$ ) für die Entfernungsmessung abgeleitet wird.
3. Navigationssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das demodulierte Antwortentfernungsmodulationssignal ( $f_{GU}$ ) und das Abfrageentfernungsmodulationssignal ( $f_{GB}$ ) auf Signale mit einer gleichen Frequenz umgesetzt werden, daß die Phasendifferenz dieser Signale gemessen wird, und daß aus dieser Phasendifferenz unter Berücksichtigung der bei der Winkelmessung gemessenen Phasendifferenz die Entfernung ermittelt wird.

F.Leitl-3

4. Navigationssystem nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulationssignale aus einem einzigen NF-Oszillator (29) abgeleitet werden und somit phasenkohärent sind.
5. Navigationssystem nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzen ( $f_{TB}$ ,  $f_{TU}$ ) der in der Meßstation (Fig.2) bzw. Transponder (Fig.3) erzeugten hochfrequenten Dauerstrichsignale unterschiedlich sind.
6. Navigationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zum Umsetzen der empfangenen HF-Signale in den ZF- bzw. NF-Bereich in den Empfängern (10, 25) die Sendesignale verwendet werden.
7. Navigationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung des Antwortentfernungsmodulationssignals ( $f_{GU}$ ) im Transponder das aus dem empfangenen Signal abgeleitete Abfrageentfernungsmodulationssignal ( $f_{GB}$ ) mit dem abgeleiteten richtungsabhängigen Abfragewinkelmodulationssignal ( $f_R$ ) gemischt (11) wird.
8. Navigationssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz des Winkelmodulationssignals vor der Mischung vervielfacht (12) wird.
9. Navigationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß im Transponder Phasenregelschleifen vorgesehen sind, die die Signallaufzeiten der Modulationssignale im Transponder auf Modulationssignalperioden oder ganzzahlige Vielfache hiervon ergänzen, so daß durch die Signallaufzeiten im Transponder keine Meßfehler verursacht werden.

F.Leitl-3

10. Navigationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in der Meßstation eine Phasenregelschleife vorgesehen ist, die die Signallaufzeiten der Entfernungsmodulationssignale in der Meßstation auf Modulationssignalperioden oder ganzzahlige Vielfache hiervon ergänzt, so daß durch die Signallaufzeiten in der Meßstation keine Meßfehler verursacht werden.
11. Navigationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Transponder zwei räumlich mehrere Betriebswellenlängen getrennte Antennen hat und daß zwischen den Antennen regelmäßig umgeschaltet wird.
12. Navigationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßstation und der Transponder so ergänzt sind (Fig.4, 5), daß beide wahlweise als Meßstation oder als Transponder verwendet werden können.
13. Navigationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitlinie mechanisch oder elektronisch geschwenkt wird.

F.Leitl-3

NAVIGATIONSSYSTEM ZUR RICHTUNGS-  
UND ENTFERNUNGSMESSUNG

Stand der Technik

- Die Erfindung betrifft ein Navigationssystem wie im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegeben. Ein derartiges Navigationssystem ist aus der Druckschrift "SEFAN, Sektor-Fahrzeugnavigationssystem" der Firma Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart 1975 bekannt. Eine vorteilhafte Ausgestaltung dieses Navigationssystem ist in der deutschen Patentanmeldung P 28 08 982 beschrieben.

Aufgabe

- Bei der in der Patentanmeldung P 28 08 982 beschriebenen Lösung ist der Transponder der richtungsbestimmende Teil des Navigationssystems. Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Navigationssystem anzugeben, bei dem die Meßstation der richtungsbestimmende Teil ist.

Lösung

- Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt mit den im Anspruch 1 angegebenen Mitteln. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Vorteile

- Da bei dieser Lösung der richtungsbestimmende Teil zur Meßstation gehört, kann auf einfache Weise die Ausrichtung der Leitlinie (elektronisch oder mechanisch) verändert werden. Die Meßstation kann beispielsweise das Bordgerät eines navigierenden Fahrzeugs oder die Überwachungsstation eines Verkehrsüberwachungssystems sein, d.h. die Daten fallen je nach Anwendung wahlweise an der Fest- oder der Bewegtstation an.

**F.Leitl-3**

Mit der Weiterbildung dieses Navigationssystems, bei der die Winkel- und Entfernungsauswertung wahlweise durch den Transponder oder die Meßstation erfolgt, erzielt man eine optimale Flexibilität.

**5    Beschreibung**

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen beispielsweise näher erläutert. Es zeigt:

Fig.1        die räumliche Anordnung von Bordgerät und Transponder;

10    Fig.2        ein Blockschaltbild des Bordgerätes;

Fig.3        ein Blockschaltbild des Transponders;

Fig.4, 5    Blockschaltbilder für Einrichtungen, die sowohl als Transponder als auch als Bordgerät verwendet werden können.

15    In Fig.1 überquert ein Wasserfahrzeug mit einem Bordgerät (wird anhand der Fig.2 näher erläutert) einen Fluß vom einen zum anderen Ufer. Als Navigationshilfe ist am anderen Ufer ein Transponder (wird anhand der Fig.3 näher erläutert) installiert. Eine Navigation ist solange möglich, wie der  
20    Transponder innerhalb eines durch die Bordgeräteantennen festgelegten Sektors liegt. Außerhalb dieses Sektors sind die Messungen mehrdeutig und es müssen für diesen Fall weitere Einrichtungen, die eine Eindeutung ermöglichen, installiert werden. Bei dieser Anwendung - und somit auch bei der weiteren Beschreibung - ist angenommen, daß die  
25    Meßstation das Bordgerät ist.



F.Leitl-3

Das Bordgerät mißt die Entfernung  $\rho$  zu dem Transponder und den Winkel  $\alpha$  zwischen einer Geraden durch Bordgerät und Transponder und einer Leitlinie. Die Leitlinie ist die Winkelhalbierende des Sektors.

- 5 Das Bordgerät hat zwei Antennen 29, 30, die einen Abstand  $b$  voneinander haben. Der Sektor (und somit auch die Leitlinie) kann mechanisch oder elektronisch geschwenkt werden, was hier jedoch nicht näher erläutert wird, weil diese Erweiterung vom Fachmann ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann.
- 10 Das Schwenken der Leitlinie und somit des Sektors ist vorteilhaft, weil in diesem Fall der Sektor so ausgerichtet werden kann, daß der Transponder unabhängig von der Ausrichtung des Wasserfahrzeugs innerhalb des Sektors liegt.

- 15 Die Entfernung  $\rho$  vom Bordgerät zum Transponder wird aus der Laufzeit eines vom Bordgerät abgestrahlten Signals zum Transponder und zurück ermittelt. Die Laufzeit ist auch der Phasenverschiebung zwischen dem abgestrahlten und dem empfangenen Signal proportional. Deshalb wird die Entfernung aus der Phasenverschiebung zwischen einem Abfrageentfernungs-
- 20 modulationssignal und einem im Empfänger des Bordgerätes demodulierten Antwortentfernungsmodulationssignal ermittelt. Der Zusammenhang zwischen den Signalen wird anhand der weiteren Figuren näher erläutert.

- 25 Die Messung des Winkels  $\alpha$ , der die Abweichung der Richtung zum Transponder von der Leitlinie angibt, kann durch Auswertung der unterschiedlichen Laufzeiten der von den beiden Bordgeräteantennen 29, 30 abgestrahlten Signale zu der Transponderantenne 13 erfolgen.

F.Leitl-3

Während bei der Entfernungsmessung das niederfrequente Modulationssignal die Entfernungsinformation enthält, ist bei der Winkelmessung die Richtungsinformation in der Laufzeitdifferenz - und somit auch in der Phasendifferenz -  
 5 zweier hochfrequenten Signale enthalten.

Weil die genaue Messung der hochfrequenten Phase technisch sehr aufwendig ist, werden von den Bordgeräteantennen zwei hochfrequente Signale abgestrahlt, wobei eines der beiden hochfrequenten Signale mit einem kohärenten Frequenzversatz  
 10  $f_R$  ausgestattet ist. Der hochfrequente Phasenunterschied zwischen den von den beiden Bordgeräteantennen abgestrahlten und von der Transponderantenne empfangenen hochfrequenten Signale bildet sich direkt auf die Niederfrequenz  $f_R$  ab. Diese Niederfrequenz enthält also die Richtungsinformation  
 15 und sie wird phasenkohärent zum Bordgerät übertragen. Dort wird durch Phasenvergleich des empfangenen Signals mit der Frequenz  $f_R$  und dem im Bordgerät erzeugten Winkelmodulationssignal  $f_R$  der Winkel  $\lambda$  bestimmt. Er ergibt sich aus der Gleichung

$$20 \quad \varphi = 2\pi \frac{b}{\lambda} \sin \lambda,$$

wobei  $\varphi$  der Phasenunterschied zwischen den beiden Signalen mit der Frequenz  $f_R$ ,  $\lambda$  die der Frequenz  $f_{TB}$  (wird weiter unten näher erläutert) entsprechende Wellenlänge und  $b$  der Abstand der Bordgeräteantennen in Wellenlängen  $\lambda$  ist.

25 Anhand der Fig.2 wird zunächst das Bordgerät erläutert.

Ein in einem HF-Oszillator 21 erzeugtes Dauerstrichsignal  $f_{TB}$  ( $f_{TB}$  ist beispielsweise 1205 MHz) wird in einem Zweiseitenbandmodulator 22 mit dem Abfrageentfernungsmodulationssignal  $f_{GB}$  ( $f_{GB}$  ist beispielsweise 200 kHz) moduliert. Die Ausgangs-  
 30 signale des Modulators 22 haben die Frequenzen  $f_{TB}$  und

F.Leitl-3

$f_{TB} \pm f_{GB}$ . Sie werden in einem Verstärker 23 verstärkt und von der Antenne 29 abgestrahlt. Das Dauerstrichsignal wird außerdem einem Einseitenbandmodulator 27 zugeführt und dort mit dem Winkelmodulationssignal  $f_R$  ( $f_R$  ist beispielsweise 1,2 kHz) moduliert. Das Ausgangssignal des Modulators 27 hat die Frequenz  $f_{TB} + f_R$  (der Träger wird unterdrückt). Es wird in einem Verstärker 28 verstärkt und von der Antenne 30 abgestrahlt.

Ein Teil dieser Signale gelangt auch zu einem Empfänger 25. Zwischen den Antennen 29, 30 und dem Empfänger 25 befinden sich nur passive Leitungsstücke gleicher Länge. Frequenzweichen zur Trennung der Sendesignale und der über die beiden Antennen empfangenen Signale sind nicht notwendig, wenn sich die Signalpegel um mehr als 10 dB unterscheiden. Diese Forderung wird bei einem Abstand von 0,5 m zwischen Bordgerät und Transponder bereits übertroffen. Die Sender (21, 22, 23 bzw. 21, 27, 28) wirken in diesem Fall auf die empfangenen Signale wie 50 $\Omega$ -Widerstände.

Die abgestrahlten Signale gelangen zu dem Transponder (Fig.3), wo sie von der Antenne 13 aufgenommen und zu einem Empfänger 10 geleitet werden. An die Antenne 13 ist außerdem ein Sender, bestehend aus Verstärker 3, Zweiseitenbandmodulator 2 und HF-Oszillator 1, angeschlossen. Aus den oben erläuterten Gründen sind auch hier zwischen Sender und Empfänger keine Frequenzweichen notwendig.

Der Empfänger 10 erhält folgende Signale:

Winkelabfragesignale:  $f_{TB}$ ,  $f_{TB} + f_R$

Entfernungsabfragesignale:  $f_{TB}$ ,  $f_{TB} \pm f_{GB}$

Ausgangssignale des Verstärkers 3:  $f_{TU}$ ,  $f_{TU} \pm f_{GU}$ ;  $f_{TU} \pm f_R$ .

F.Leitl-3

Der Frequenzunterschied zwischen den Trägerfrequenzen  $f_{TB}-f_{TU}$  ist die für die Verarbeitung im Empfänger 10 maßgebliche Zwischenfrequenz  $f_z$ ; es sind keine zusätzlichen Signale zum Heruntermischen in niedrigere Frequenzbereiche  
5 notwendig. Der Empfänger enthält u.a. einen Hüllkurvendetektor und es wird eine additive Mischung durchgeführt. Diese Ausführungen zu dem Empfänger 10 sind auch für den Empfänger 25 mit den dort vorhandenen Frequenzen des Bordgerätes (Fig.2) gültig. Von den im Empfänger 10 erzeugten Signalen werden nur  
10 das Signal mit der Frequenz  $f_R$  und das Signal mit der Frequenz  $f_{GB}$  weiterverarbeitet.

In der Phasenverschiebung des Signals mit der Frequenz  $f_R$  gegenüber dem Modulationssignal mit der Frequenz  $f_R$  im Bordgerät ist die Winkelinformation enthalten. Das vom Trans-  
15 ponder abgestrahlte Signal muß daher diese Phase - entsprechendes gilt für die Phase des Entfernungsmodulationssignals - unverfälscht enthalten.

Das Winkelmodulationssignal  $f_R$  wird einerseits dem bereits erwähnten Zweiseitenbandmodulator 2, der weiterhin das vom  
20 HF-Oszillator 1 erzeugte Dauerstrichsignal erhält, und andererseits einem Frequenzverdoppler 12 zugeführt. Das Entfernungsmodulationssignal  $f_{GB}$  wird in einem Mischer 11 mit dem Ausgangssignal  $2f_R$  des Frequenzverdopplers gemischt. Das Ausgangssignal des Mixers 11, das die Frequenz  $f_{GU}=f_{GB}-2f_R$  hat, ist das  
25 Antwortentfernungsmodulationssignal und wird ebenfalls dem Zweiseitenbandmodulator 2 zugeführt.

Der Zweiseitenbandmodulator 2 erzeugt Signale mit den Frequenzen  $f_{TU}$ ,  $f_{TU} \pm f_R$  und  $f_{TU} \pm f_{GU}$ , die in dem Verstärker 3 verstärkt und über die Antenne 13 abgestrahlt werden.

## F.Leitl-3

Die von dem Transponder abgestrahlten Signale werden von den Antennen 29 und 30 des Bordgerätes empfangen und über einen Leistungsteiler 15 dem Empfänger 25 zugeführt. Durch den Leistungsteiler 15 sind die beiden Antennen 29, 30 zueinander mit 30 dB entkoppelt.

Befindet sich der Transponder nicht auf der Leitlinie, dann gelangen die Entfernungsantwortsignale zu unterschiedlichen Zeiten und somit mit unterschiedlichen Phasen zu den beiden Antennen (entsprechendes gilt für die Abstrahlung vom Bordgerät). Da sich die über die beiden Antennen empfangenen gleichfrequenten Signale überlagern, wird dieser Fehler ausgemittelt. Selbst wenn dies nicht der Fall wäre, würde dies nicht stören, denn bei den gewählten Frequenzen könnte dieser Fehler vernachlässigt werden. Bei der Winkelmessung ist zu berücksichtigen, daß die vom Bordgerät abgestrahlten Winkelabfragesignale einseitenbandmoduliert sind und daß sich nur deshalb die hochfrequente Phasendifferenz auf die Niederfrequenz  $f_R$  abbildet. Die von dem Transponder abgestrahlten Winkelantwortsignale hingegen sind zweiseitenbandmoduliert. Es gelten daher dieselben Überlegungen wie für das Entfernungssignal.

Nachfolgend wird anhand der Fig.2 die weitere Auswertung beschrieben. Wie bereits erwähnt, werden im Bordgerät aus einem NF-Oszillator 29 ein Winkelmodulationssignal  $f_R$  und ein Abfrageentfernungsmodulationssignal  $f_{GB}$  abgeleitet. Das Abfrageentfernungsmodulationssignal  $f_{GB}$  wird in einem Mischer 30 mit dem im Empfänger 25 erzeugten Antwortentfernungsmodulationssignal  $f_{GU}$  gemischt. Das Mischerausgangssignal mit der Frequenz  $2f_R$  wird einer Phasenvergleichsmeßeinrichtung 31 zugeführt,

F.Leitl-3

- die als Bezugssignal das im Empfänger 25 erzeugte Winkelmodulationssignal  $f_R$ , dessen Frequenz in einem Frequenzverdoppler 26 auf  $2f_R$  verdoppelt wird, erhält. Würde man das Bezugssignal  $2f_R$  direkt aus dem Ausgangssignal des NF-Oszillators 29 ableiten, dann würde das Meßergebnis des Phasenvergleichers noch einen Phasenanteil enthalten, der dem Winkel  $\vartheta$  proportional ist, denn das Antwortentfernungsmodulationssignal  $f_{GU}$  wurde im Transponder aus dem phasenverschobenen Winkelmodulationssignal  $f_R$  abgeleitet.
- 10 Aus dem in der Phasenvergleichseinrichtung 31 gemessenen Phasenwert wird auf bekannte Weise die Entfernung  $\rho$  berechnet. Hierbei kann gegebenenfalls der auf den Winkel  $\vartheta$  zurückgehende Teil der Phasenverschiebung von  $f_{GU}$  - wenn das Bezugssignal aus dem NF-Oszillator 29 abgeleitet wurde - berücksichtigt
- 15 werden.
- Zur Winkelmessung wird einer weiteren Phasenvergleichseinrichtung 32 als Bezugssignal das Ausgangssignal des NF-Oszillators 29 zugeführt, wobei dessen Frequenz vorher in einem Frequenzteiler auf  $f_R$  heruntergeteilt wird, und
- 20 als richtungsabhängiges Signal erhält die Phasenvergleichseinrichtung 32 das Ausgangssignal  $f_R$  des Empfängers 25. Aus der gemessenen Phasenverschiebung wird nach der o.a. Gleichung der Winkel  $\vartheta$  berechnet. Die Berechnung von  $\vartheta$  und  $\rho$  kann in einem (nicht dargestellten) Rechner durchgeführt werden.
- 25 Das Bezugssignal  $f_R$  ist auch das oben erwähnte Winkelmodulationssignal, das dem Einseitenbandmodulator 27 zugeführt wird. Das Ausgangssignal  $f_{GB}$  des NF-Oszillators ist das Abfrageentfernungsmodulationssignal, das dem Zweiseitenbandmodulator 22 zugeführt wird.

F.Leitl-3

Durch die gewählten Frequenzbeziehungen der Modulations-  
signale zueinander wird verhindert, daß durch Nichtlinearitäten  
im hochfrequenten Übertragungssystem (Modulatoren, Demodulatoren,  
Verstärker usw.) unerwünschte Mischprodukte und damit Ver-  
5 fälschungen der Entfernungsmesswerte entstehen können. Ohne  
die Teilung bzw. Verdopplung der Referenzfrequenz würde die  
Winkelmessung bereits prinzipbedingt (infolge der Misch-  
produkte) die Entfernungsmessung verfälschen.

10 Zur Reduzierung der durch Mehrwegausbreitung verursachten  
Fehler können anstatt der Antenne 13 für den Transponder, wie  
in der deutschen Patentanmeldung P 28 08 982 beschrieben,  
zwei hintereinander angeordnete Antennen verwendet werden.  
Die Antennen haben einen Abstand von mehreren Betriebswellen-  
längen und es wird von Zeit zu Zeit von einer Antenne zur anderen  
15 Antenne umgeschaltet und die Meßergebnisse werden gemittelt.

Mit diesem Navigationssystem erhält man sehr gute Meßergebnisse.  
Diese lassen sich noch weiter verbessern, wenn im Bordgerät  
und im Transponder Regelschleifen vorgesehen sind, die die  
Signallaufzeiten der für die Auswertung wichtigen Signale  
20 regeln und die korrekte Abstrahlung überprüfen. Zur Vermeidung  
von Phasenfehlern müssen beispielsweise die Laufzeiten der  
Modulationssignale im Transponder exakt auf ganzzahlige Vielfache  
der Modulationssignalperioden ergänzt werden. Hierfür geeignete  
Regelschleifen und Monitorschleifen zur Überwachung der  
25 richtigen Signalabstrahlung sind in der bereits zitierten  
deutschen Patentanmeldung anhand der Fig.4 und 5 ausführlich  
beschrieben. Sie können vom Fachmann leicht an das Bordgerät  
bzw. den Transponder dieser Anmeldung angepaßt werden.

F.Leitl-3

Wenn die Entfernungs- bzw. die Winkelauswertung wahlweise im Transponder oder im Bordgerät ausgeführt werden soll, kann auf einfache Weise eine Erweiterung erfolgen. Die Geräte können dann wahlweise zur Verkehrsüberwachung oder zur Eigen-  
5 navigation verwendet werden. Anhand der Fig.4 wird das entsprechend ergänzte Bordgerät beschrieben. Es ist zusätzlich ein Mischer 24 vorgesehen, dem einerseits das Ausgangssignal  $f_{GU}$  des Empfängers 25 und andererseits das Ausgangssignal des Frequenzverdopplers 26 zugeführt werden. Dem Zweiseitenband-  
10 modulator 22 wird wahlweise das Ausgangssignal des NF-Oszillators 29 oder des Mixers 24 zugeführt und dem Einseitenbandmodulator 27 wird wahlweise das Ausgangssignal  $f_R$  des Teilers 33 oder das Ausgangssignal  $f_R$  des Empfängers 25 zugeführt. Die Auswahl erfolgt über Schalter 35 und 36, die von einer Schaltersteuerung 34  
15 gesteuert werden. Der HF-Oszillator 21, der Zweiseitenbandmodulator 22, der Verstärker 23, der Frequenzverdoppler 26, der Einseitenbandmodulator 27, die Verstärker 23, 28, der Empfänger 25, der Leistungsteiler 15 und die Antennen 29, 30 werden sowohl beim "Bordgerätebetrieb" als auch beim  
20 "Transponderbetrieb" verwendet. Bei der Verwendung als Bordgerät werden die durch ausgezogen gezeichnete Linien dargestellten Teile und bei der Verwendung als Transponder werden die durch gestrichelt gezeichnete Linien dargestellten Teile verwendet. Der Transponder nach Fig.4 entspricht dem Trans-  
25 pponder der zitierten Anmeldung.

Anhand der Fig.5 wird der entsprechend ergänzte Transponder beschrieben. Das Ausgangssignal eines NF-Oszillators 8 wird einem Teiler 7 zugeführt, dessen Ausgangssignal einerseits einer Phasenvergleichseinrichtung 6 als Bezugssignal und



F.Leitl-3

andererseits einem weiteren Teiler 5 zugeführt wird. Dessen Ausgangssignal wird dem Zweiseitenbandmodulator 2 und einer weiteren Phasenvergleichseinrichtung 4 als Bezugssignal zugeführt. Ein Mischer 9 erhält das Ausgangssignal des NF-Oszillators 8 und das Empfänger Ausgangssignal  $f_{GB}$ . Aus dem Phasenvergleich des entsprechenden Bezugssignals mit dem Ausgangssignal des Mixers 9 in der Phasenvergleichseinrichtung 6 erhält man ein Signal, das der Entfernung  $\rho$  proportional ist und aus dem Phasenvergleich des entsprechenden Bezugssignals mit dem Ausgangssignal  $f_R$  des Empfängers 10 in der weiteren Phasenvergleichseinrichtung 4 erhält man ein Signal, das dem Winkel  $\alpha$  proportional ist. Im "Bordgerätebetrieb" werden dem Zweiseitenbandmodulator 2 das Ausgangssignal des NF-Oszillators 8 und das Ausgangssignal des Teilers 5 zugeführt. Die Auswahl erfolgt mittels Schalter 37, 38, die von einer Schaltersteuerung 16 gesteuert werden.

Der Empfänger 10, die Antenne 12, der Verstärker 3, der Modulator 2 und der HF-Oszillator werden sowohl bei der Verwendung als Bordgerät als auch bei der Verwendung als Transponder verwendet. Bei der Verwendung als Transponder werden die durch ausgezogen gezeichnete Linien dargestellten Teile und bei der Verwendung als Bordgerät werden die durch gestrichelt gezeichnete Linien dargestellten Teile verwendet. Das Bordgerät nach Fig.5 entspricht dem Bordgerät der zitierten Anmeldung.

Je nach gewünschter Anwendung können Bordgerät und Transponder erweitert werden.

030016/0279

F.Leitl-3

Es ist besonders vorteilhaft, daß sowohl für die Winkel- als auch für die Entfernungsmessung jeweils unterschiedlich hohe Frequenzen verwendet werden können, denn dadurch ist eine Grob/Fein-Messung möglich. Die Entfernungs-Meßgenauigkeit  
5 wird von der höchsten Meßfrequenz und die Winkel-Meßgenauigkeit von der größten Antennenbasis bestimmt. Die anderen Signale dienen der Eindeutung.

Wenn die Fahrt entlang einer gewünschten beliebigen Bahnkurve erfolgen soll, kann die Verarbeitung der Daten in einem Rechner so  
10 durchgeführt werden, daß die "Leitlinie" entsprechend der bisherigen Beschreibung scheinbar den gewünschten Verlauf hat.

Das Navigationssystem kann vorteilhafterweise so ergänzt werden, daß nicht nur eine zweidimensionale Führung sondern auch eine dreidimensionale Führung möglich ist. Es werden dann  
15 zwei senkrecht zueinander stehende Leitebenen (Sektoren) notwendig. Wenn der Transponder der richtungsbestimmende Teil ist (Fig.4, gestrichelte Darstellung), ist zusätzlich zu den beiden horizontal angeordneten Antennen 29, 30 noch eine vertikal versetzt angeordnete weitere Antenne notwendig.  
20 Die zugehörigen Schaltungen zur Signalverarbeitung benötigen nur einen geringen Aufwand. Als weiteres Signal kann beispielsweise ein weiteres Seitenband verwendet werden. Ein solches Navigationssystem kann beispielsweise besonders vorteilhaft als Landehilfe für Hubschrauber auf dem Dach eines Hochhauses  
25 angeordnet werden. Dabei ist es in vorteilhafter Weise möglich, die Antennen direkt auf dem als Massefläche wirkenden Dach anzuordnen. Hierdurch werden Fehler durch unerwünschte "Antennen-

F.Leitl-3

spiegelungen" vermieden. Weiterhin stehen die Führungs-  
informationen beim Anflug bis zum Aufsetzen ununterbrochen  
und unverfälscht zur Verfügung.

5 Bei einer stationären Anordnung der Auswertestation können  
Störungen, die durch Reflexionen verursacht werden, bei der  
Auswertung in einem Rechner berücksichtigt werden.

Es ist weiterhin möglich, für die richtungsbestimmende Station  
drei Antennen, die an den Eckpunkten eines Dreiecks angeordnet  
sind, vorzusehen. Dadurch ist mit der neuen Einrichtung in  
10 besonders vorteilhafter Weise eine Rundumbedeckung möglich.

Von den drei Antennen können beispielsweise nacheinander  
jeweils zwei ausgewählt werden und (z.B. bei dem Ausführungs-  
beispiel nach Fig.2) mit dem Empfänger und den Verstärkern  
verbunden werden. Der dritten Antenne kann jedoch auch wie bei  
15 der dreidimensionalen Führung ein weiteres Seitenband zu-  
geführt werden. In diesem Fall ist in der ganzen Horizontal-  
ebene - im Gegensatz zu dem oben angegebenen Fall, bei dem  
nacheinander jeweils zwei Antennen ausgewählt werden -gleich-  
zeitig eine Führung möglich. Durch die dreieckförmig angeord-  
20 neten Antennen werden drei aneinander angrenzende oder sich  
überlappende Sektoren gebildet.

Diese Anordnung ist besonders vorteilhaft zur gegenseitigen  
Vermessung von mehreren Fahrzeugen geeignet. Die in den Fahr-  
zeugen installierten Geräte werden hierbei abwechselnd als  
25 Transponder oder als Meßstation verwendet.

F.Leitl-3

Wenn von den Antennen der richtungsbestimmenden Station nur ein Sektor, in dem eine Navigation möglich ist, erzeugt werden soll, kann das bereits mehrfach erwähnte weitere Seitenband auch zusammen mit dem Trägersignal zur "Winkel-

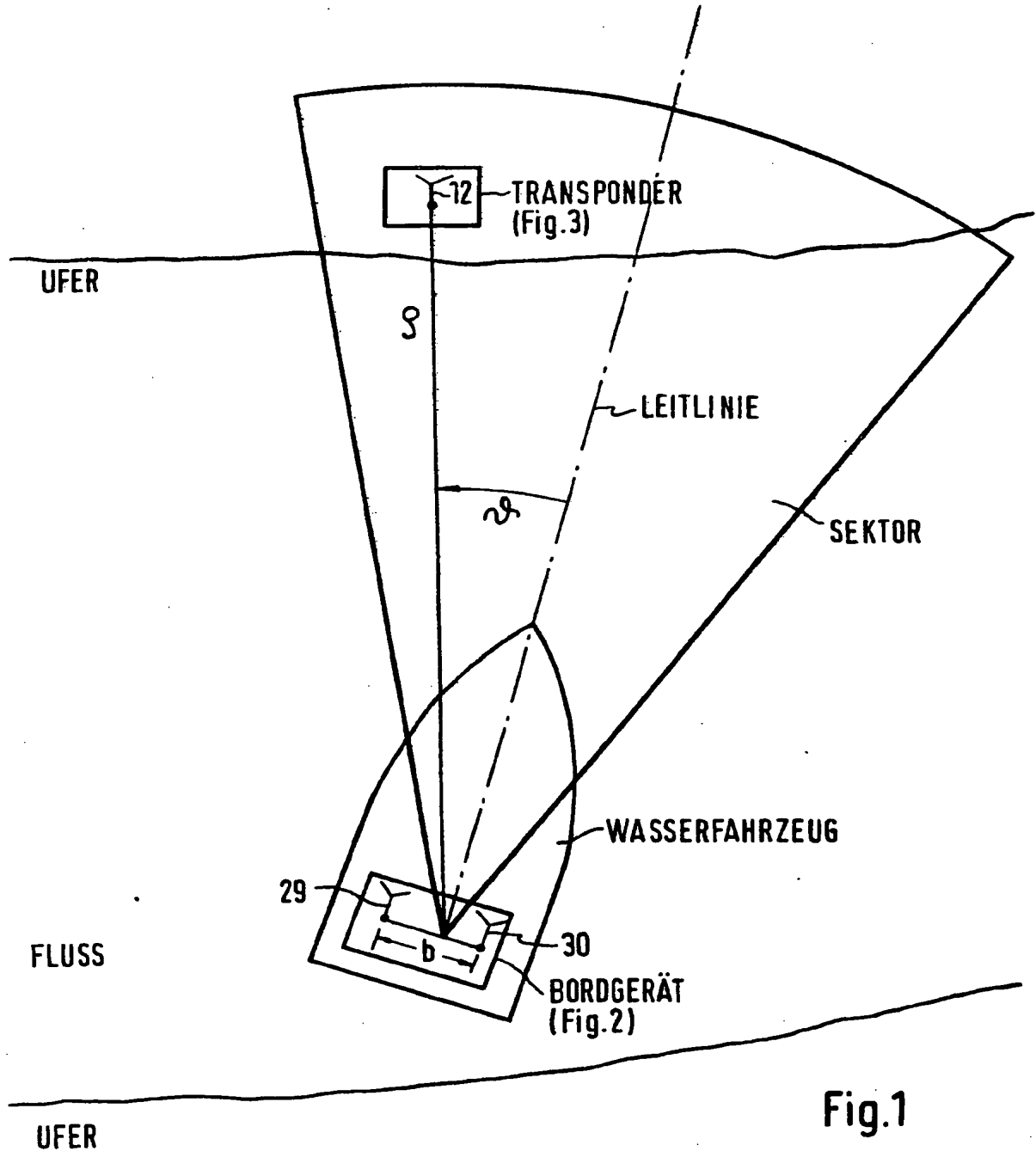
5    feinmessung" verwendet werden. Die "Winkelgrobmessung" erfolgt mit Hilfe des Trägers und dem anderen Seitenbandsignal.

Nummer:  
Int. Cl.2:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

28 43 253  
G 01 S 5/12  
4. Oktober 1978  
17. April 1980

2843253

NACHGEREICHT



030016/0279

F.Leitl-3  
25.10.78-42

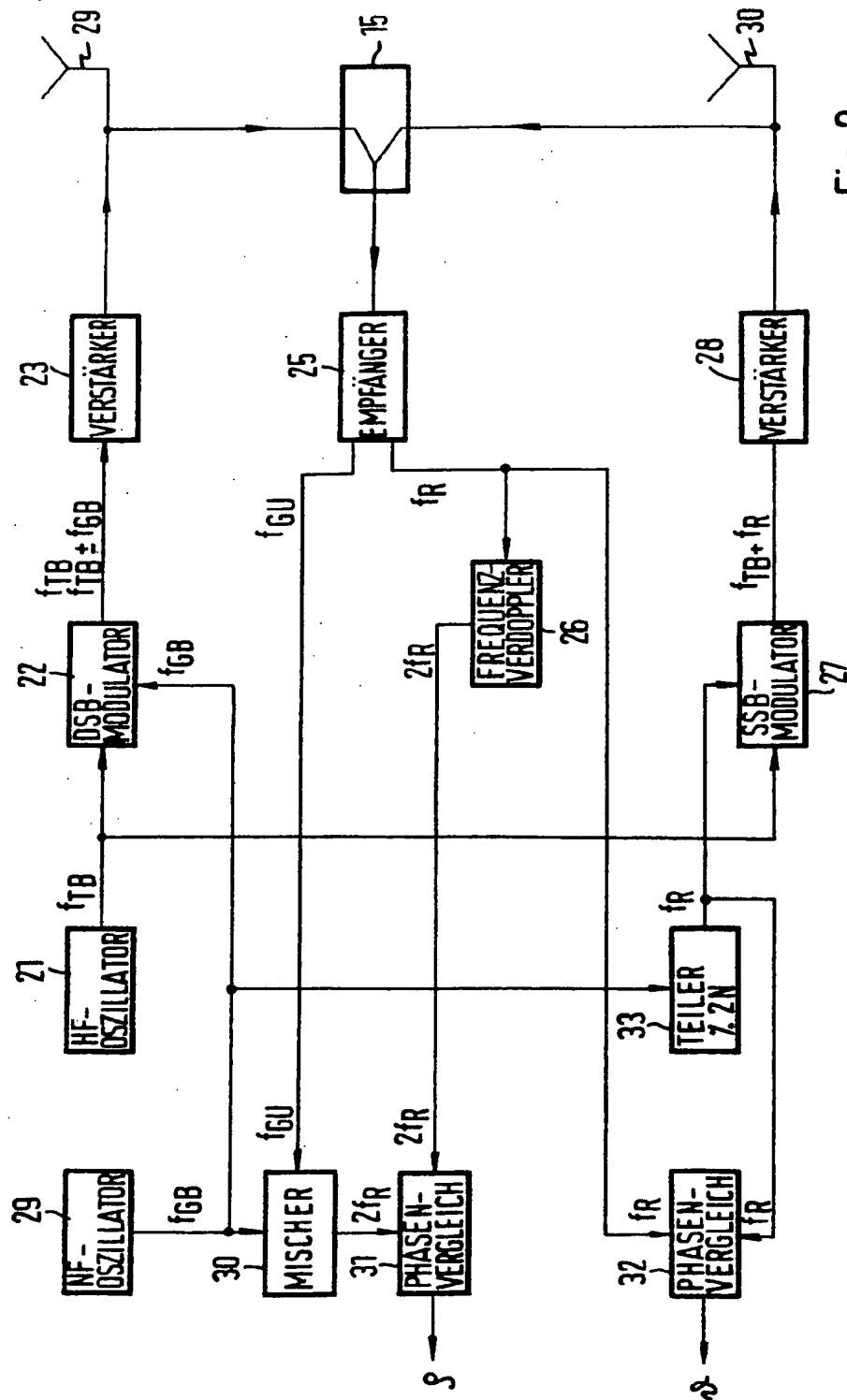


Fig. 2

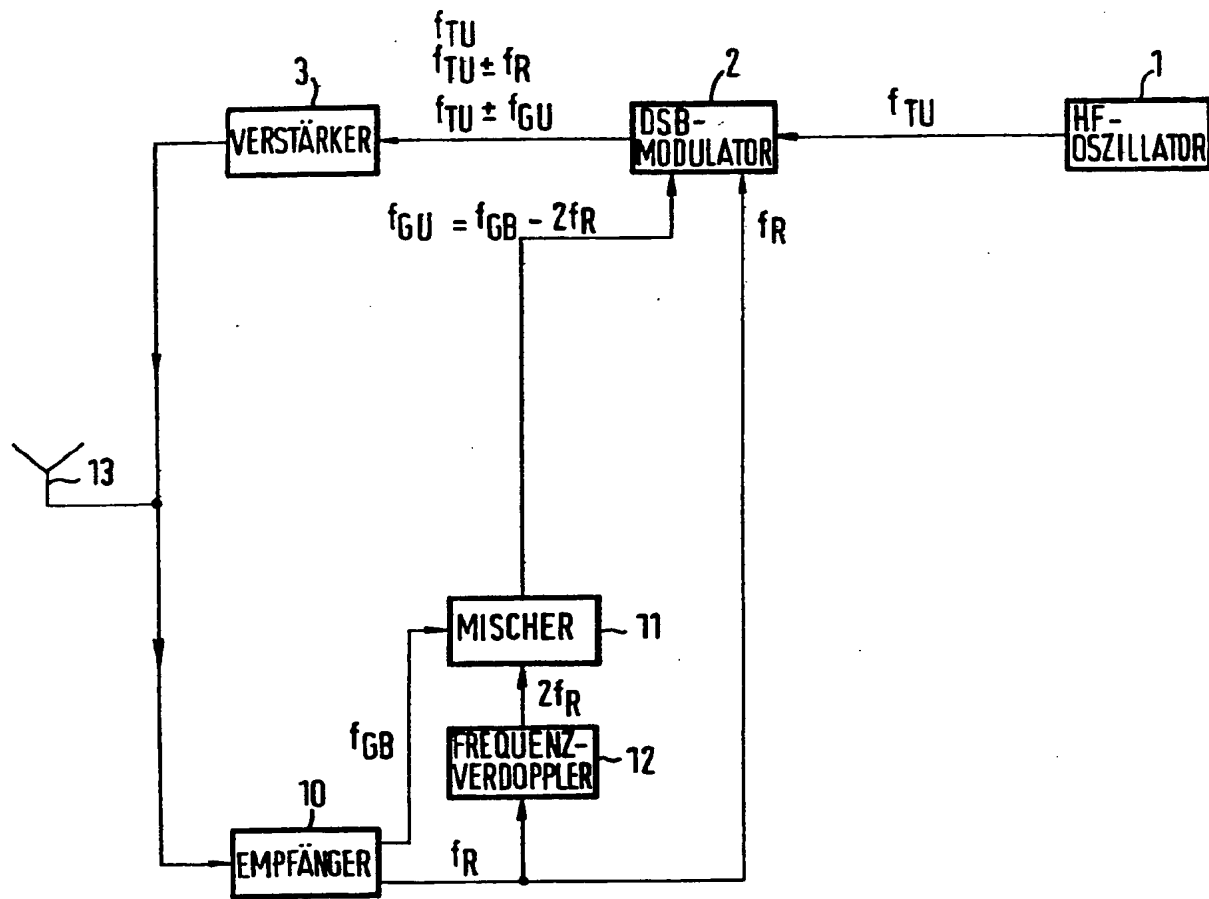
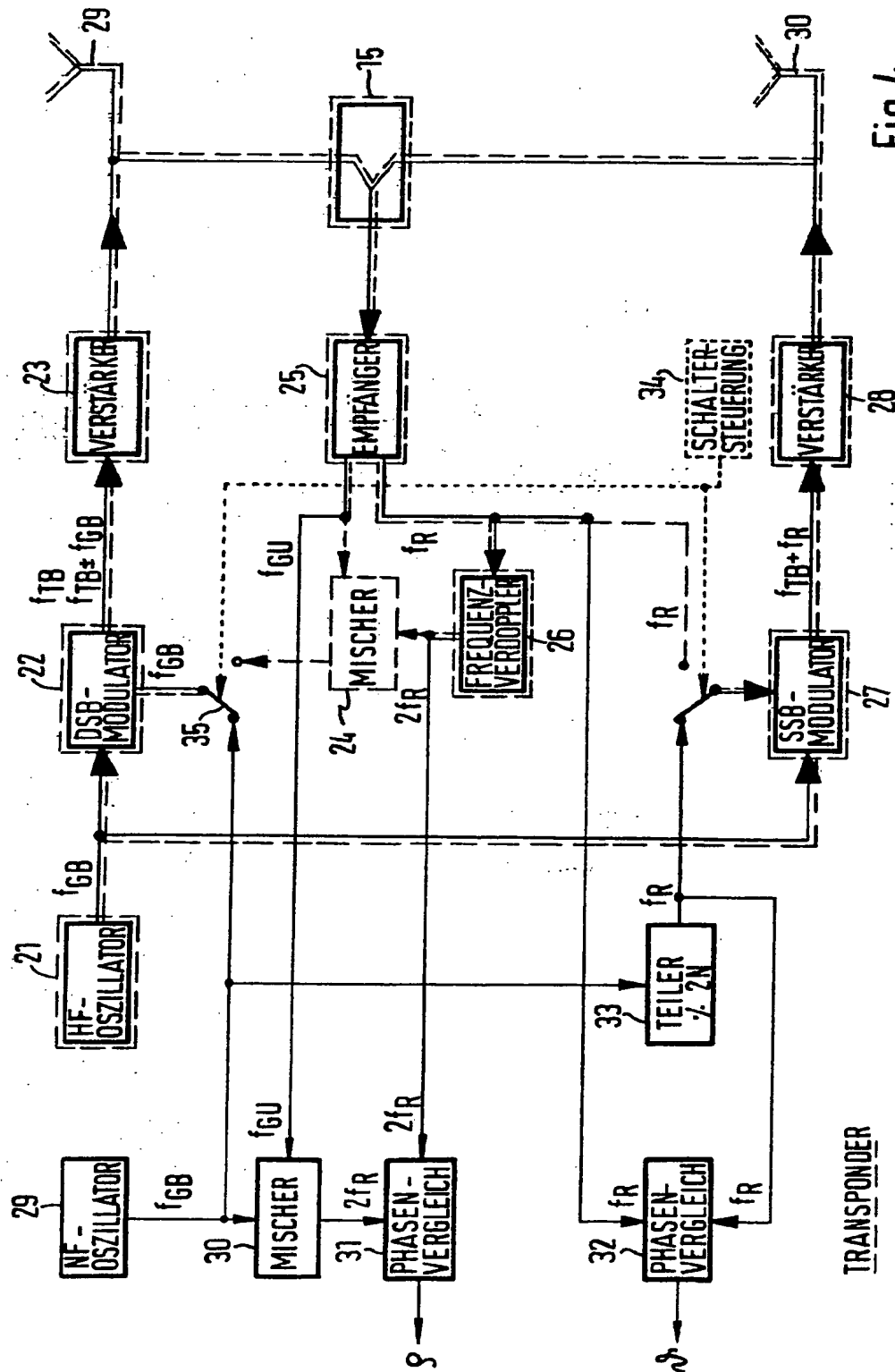


Fig.3

030016/0279



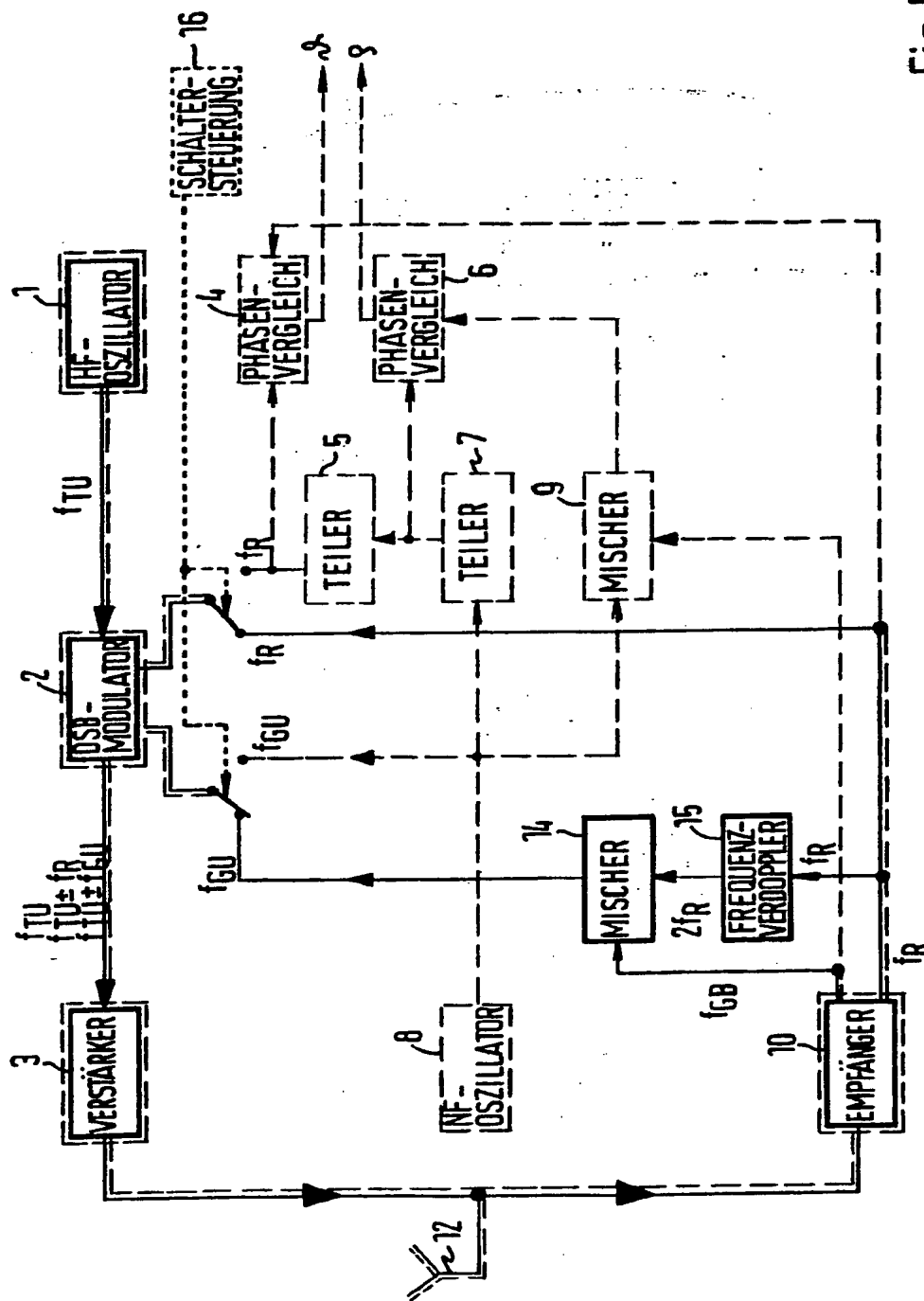


NACHGEREICHT

2843253

F. Leiti-3  
25.10.78-R

Fig. 5



030016/0279